

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**POTENCIAL FORRAGEIRO DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA PRODUÇÃO  
DE SILAGEM EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA-SE**

**ILHÉUS – BAHIA  
MAIO DE 2013**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**POTENCIAL FORRAGEIRO DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA PRODUÇÃO  
DE SILAGEM EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA-SE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Santa Cruz, para obtenção de título de Mestre em Ciência Animal – Área de concentração de nutrição de ruminantes.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. DSc. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira.

**ILHÉUS – BAHIA**

**MAIO DE 2013**

O48

Oliveira, Brena Santos.

Potencial forrageiro de genótipos de sorgo para produção de silagem em Nossa Senhora da Glória-SE / Brena Santos Oliveira. – Ilhéus, BA: UESC, 2015.

vii, 57f.

Orientador: Luiz Gustavo Ribeiro Pereira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Inclui referências.

1. Nutrição animal. 2. Forragem – Conservação. 3. Sorgo como ração. 4. Silagem. 5. Proteínas na nutrição animal. I. Título.

CDD 633.0852

**BRENA SANTOS OLIVEIRA**

**POTENCIAL FORRAGEIRO DE GENÓTIPOS DE SORGO PARA PRODUÇÃO  
DE SILAGEM EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA-SE**

Ilhéus – BA, 27/05/2013

---

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira – *DSc*  
(Orientador)

---

José Augusto Gomes Azevedo – *DSc*  
UESC/DCAA  
(Co-orientador)

---

José Avelino Santos Rodriguez – Dr

**ILHÉUS-BAHIA  
2013**

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus primeiramente pela vida, e à minha mãe e irmã pelo apoio e amor incondicional, sem elas nada seria possível!

Ao professor José Augusto Gomes Azevedo, a quem tenho grande apreço e respeito (o que não me impede de chamá-lo de BROTHER!), pela dedicação, paciência e confiança- Por sempre está disposto a ouvir: ‘cá pra nós’: eu merecia um co-orientador desses...

Ao professor, orientador Luiz Gustavo Ribeiro Pereira pela orientação, confiança depositada (não esquecendo a paciência).

Agradeço muito aos meus “brotheres”: Lígia (minha brother), Ismênia (bebê), Débora, Flávio, Gisele, Abdon, ‘Lhéo’, Jaci e Jorge Albert pela contribuição para a realização deste trabalho e por estarem presentes sempre, espero que a parceria se estenda por muito tempo...

Aos meus amigos: Pedrinho, Guilherme, Ingrid, Michelle, Alennay, Joelma, Chico, Naira que sempre estiveram próximos e torceram pelo meu sucesso.

E a todos que de alguma forma contribuíram para mais essa conquista...

Afinal de contas trabalhamos com Zootecnia de precisão!

## **LISTA DE TABELAS**

*CAPÍTULO 1. Divergência qualitativa entre silagens de genótipos de sorgo*

Tabela 1. Características agronômicas dos seis genótipos de sorgo.....	20
Tabela 2. Dados meteorológicos durante o período experimental.....	20
Tabela 3. Composição bromatológica das silagens de seis híbridos de sorgo.....	26
Tabela 4. Valores médios dos carboidratos totais das silagens de sete híbridos de sorgo.....	28
Tabela 5. Valores médios das características fermentativas das silagens de sete híbridos de sorgo.....	29
Tabela 6. Digestibilidade in vitro da matéria seca nos tempos 48 e 96h das silagens de sete híbridos de sorgo.....	32
Tabela 7. Qualificação das silagens de seis genótipos de sorgo.....	33
Tabela 8. Contribuição de cada variável na formação dos grupos.....	33
Tabela 9. Estatística descritiva das características químicas, fermentativas e de digestibilidade in vitro dos grupos formados pelas silagens dos seis genótipos de sorgo.....	35

*CAPÍTULO 2. Degradabilidade e cinética de fermentação ruminal in vitro de silagens de sorgo*

Tabela 1. Dados meteorológicos durante o período experimental.....	42
Tabela 2. Composição química, pH e parâmetros fermentativos das silagens de seis genótipos de sorgo .....	43
Tabela 3. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação in vitro dos carboidratos fibrosos e não fibrosos das silagens de seis genótipos de sorgo.....	47
Tabela 4. Desaparecimento médio da MS e da FDN de silagens de seis genótipos de sorgo nos tempos de incubação (%)......	49
Tabela 5. Parâmetros de degradabilidade da matéria seca de silagens de seis genótipos de sorgo (%)......	50
Tabela 6. Parâmetros de degradabilidade da FDN de silagens de seis genótipos de sorgo (%)......	51

**LISA DE FIGURAS**

<i>Capítulo 1. Divergência qualitativa entre silagens de genótipos de sorgo.....</i>	18
Figura1. Dendograma de dissimilaridade das características químicas, fermentativas e de digestibilidade <i>in vitro</i> .....	34

## Sumário

AGRADECIMENTOS .....	IV
LISTA DE TABELAS .....	V
CAPÍTULO 1. Divergência qualitativa entre silagens de genótipos de sorgo .....	VI
CAPÍTULO 2. Degradabilidade e cinética de fermentação ruminal in vitro de silagens de sorgo .....	VI
LISA DE FIGURAS.....	VII
Capítulo 1. Divergência qualitativa entre silagens de genótipos de sorgo. ....	VII
INTRODUÇÃO GERAL .....	9
REVISÃO DE LITERATURA .....	12
SORGO PARA SILAGEM.....	14
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	16
Capítulo 1 .....	18
Divergência qualitativa entre silagens de genótipos de sorgo .....	18
INTRODUÇÃO .....	19
MATERIAL E MÉTODOS .....	20
Determinação da composição química .....	21
Características fermentativas das silagens de sete genótipos de sorgo.....	23
Digestibilidade in vitro da MS (DIVMS) em 48 e 96 horas e Parâmetros de cinética de fermentação in vitro.....	23
Avaliação qualitativa das silagens .....	24
Procedimentos Estatísticos .....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
Composição química .....	26
Potencial de hidrogênio (pH).....	29
Nitrogênio amoniacal/NT .....	30
Ácidos orgânicos das silagens .....	30
Ácido lático.....	30
Ácido acético.....	31
Ácido Propiônico .....	31
Ácido Butírico.....	32
CONCLUSÕES.....	35

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
Capítulo 2 .....	40
Degradabilidade e cinética de fermentação ruminal in vitro de silagens de sorgo .....	40
MATERIAL E MÉTODOS .....	42
Local .....	42
Determinação da composição química .....	43
Técnica in vitro semi-automática de produção de gases .....	44
Determinação da Degradabilidade da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN) .....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## INTRODUÇÃO GERAL

As alterações climáticas que ocorrem durante o ano provocam a estacionalidade da oferta de pastagem, alternando-se períodos onde é grande a disponibilidade quantitativa e qualitativa da forragem, com períodos em que o crescimento das plantas é reduzido, isso se reflete no desempenho produtivo dos animais mantidos em pastagens, resultando também em períodos de safra e entressafra de produtos de origem animal.

Para minimizar os problemas decorrentes da estacionalidade da produção de pastagens opta-se pelo armazenamento da forrageira que pode ser realizado de diversas formas, porém a ensilagem tem sido utilizada pelos produtores, devido à facilidade de produção, à possibilidade de obtenção de grande quantidade de alimento, por ser totalmente mecanizável e pela viabilidade econômica em relação a outras formas de conservação, como a fenação.

Trata-se de um processo de conservação resultante da fermentação anaeróbica de carboidratos solúveis, pela ação de bactérias, que convertem açúcares em ácidos orgânicos. A fermentação provoca alterações na composição das frações nitrogenadas, reduz os teores de proteína e aumenta os aminoácidos livres.

A qualidade da silagem é determinada também pelo estágio de desenvolvimento da cultura no momento do corte, pelos processos fermentativos e pela deterioração que ocorre durante a exposição do material ao ar. A deterioração aeróbia da silagem está associada, principalmente, com o desenvolvimento de fungos e leveduras, e será mais intensa quanto melhor for a qualidade da silagem, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis e de ácido lático residuais.

Diante disso, a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem se mostrado como alternativa viável para a produção de silagem por apresentar elevado potencial de produção. O Brasil é um dos países com maiores potencialidades de adaptação e crescimento da cultura de sorgo no mundo, vários fatores são responsáveis pelo destaque dessa cultura, entre eles as altas produções por hectare, bom valor nutritivo e a tolerância a déficits hídricos ocasionais.

Além disso, os cultivares de sorgo, destinados à produção de silagem, têm apresentado maiores produções de matéria seca que o milho, principalmente em condições inferiores de fertilidade e de estresse hídrico, e sua capacidade de rebrota após a colheita, tem possibilitado a obtenção de até cerca 60% de matéria seca do primeiro corte; entretanto, deve-se escolher de forma criteriosa os genótipos a serem trabalhadas dentro de um sistema de produção, visando a adequação de todos os aspectos produtivos da planta às características locais tais como fertilidade do solo, disponibilidade de chuvas e finalidade do sistema.

A Pecuária de Leite e derivados é uma importante atividade, tanto do ponto de vista econômico, quanto social, tendo um papel importante na geração de empregos e de renda para população. De acordo com o, a produção de leite chegou a 30,7 bilhões de litros de leite, mantendo o Brasil entre os cinco maiores produtores de leite do mundo. Além disso, o país se destaca como um dos mais competitivos do setor Pecuário Leiteiro mundial pelo fato de dispor de condições climáticas favoráveis para o pleno crescimento das forrageiras durante a maior parte do ano.

Ainda segundo o IBGE a maior produção de leite está em Minas Gerais, seguido por Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Santa Catarina, São Paulo, Bahia e Pernambuco. Apesar do volume produzido, os níveis de produção são distintos, não há um padrão de produção. De acordo com o CI Leite da EMBRAPA Gado de Leite, as zonas de maior produção leiteira no país estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste, o nordeste aparece em quarto lugar representado pelos estados de Alagoas, Pernambuco e o Sertão de Sergipe. Essas microrregiões produziram 1,4 bilhão de litros de leite anuais (4% do volume brasileiro), juntas possuem aproximadamente um rebanho de 900 mil cabeças e a produção por vaca por ano foi de 1.613 litros.

No estado de Sergipe a bovinocultura de leite desenvolveu-se na região do semiárido, tendo o município de Nossa Senhora da Glória o maior produtor estadual. Nesse Estado predomina a atividade leiteira de base familiar onde são criados ovinos que complementam a renda do produtor de leite, além de suínos. O milho e o feijão são as principais culturas, cultivadas para consumo familiar, sendo o excedente comercializado.

Considerando-se as adversidades climáticas do Nordeste e as dificuldades enfrentadas pelos produtores de leite em consequência das secas prolongadas fica claro a necessidade de novas cultivares de sorgo adaptadas às mais variadas condições semiáridas do Nordeste.

O desempenho de cultivares varia de acordo com ambiente, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo. A resposta diferenciada à variação ambiental é chamada de interação cultivar x ambiente, isso significa que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes.

Nesse contexto, busca-se com os programas de melhoramento seleção de espécies e variedades que melhorem o resultado econômico do sistema produtivo, elevem produtividade e reduzam os custos de produção da silagem, dessa forma, materiais com melhor valor nutritivo, proporcionarão melhor desempenho animal, tendo como premissa básica que estas espécies e cultivares estejam adaptadas às condições locais.

Com isso tem-se trabalhado no melhoramento do sorgo, objetivando obter variedades adaptadas ao Semiárido com elevada produtividade e resistência às principais pragas e doenças. Como resultado desse trabalho, algumas variedades têm se mostrado promissoras apresentando elevados índices de produtividade e baixa incidência de doenças.

Estudos de comparação entre híbridos são importantes para contribuir com os programas de melhoramento genético e para recomendar aos produtores materiais cujas silagens tenham a melhor relação produção/valor nutritivo. Objetivo da dissertação foi avaliar o potencial forrageiro de seis genótipos de sorgo para produção de silagem na região de Nossa Senhora da Glória.

## REVISÃO DE LITERATURA

Segundo o IBGE (2010) a região Nordeste possui uma área de 1,56 milhão de km<sup>2</sup> (18,2% do território nacional) e sua população é de 51.609.027 habitantes (28,05% da população brasileira), a região é coberta por solos rasos de baixa fertilidade e caracterizada pela vegetação de Caatinga, plantas xerófilas de florística variada, ocupando uma área global de aproximadamente 11,67% do território nacional. Os problemas básicos dessa região são a escassez e a irregularidade de chuvas. Ciclicamente ocorrem estiagens prolongadas, com reflexos danosos na economia e com custos sociais elevados (Camacho & Baptista, 2005).

Semiárido abrange 70% da área do Nordeste, mais o norte de Minas Gerais, que abrangendo uma área de 980.133,079 km<sup>2</sup> e compreende 1.135 municípios de nove estados do Brasil: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Nessa região, vivem 22.598.318 habitantes (que representam 11,85% da população brasileira) desse total, cerca de 38,03% vivem na Zona Rural (IBGE, 2010).

A Caatinga caracteriza-se naturalmente como de alto potencial para evaporação da água, em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas, precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. A maior parte das chuvas se concentra em três a quatro meses dentro da estação da úmida, acarretando um balanço hídrico negativo na maioria dos meses do ano e elevado índice de aridez (Bispo et al., 2010).

Segundo Albuquerque (2001), a caatinga é um dos biomas de maior densidade de pastagem nativa no mundo. Além das plantas nativas como o Juazeiro, a caatinga conta com um grande suporte de plantas exóticas com potencial forrageiro, tais como a Leucena e a Algaroba. O semiárido é um ecossistema composto por vegetação variável, em função das condições climáticas flutuantes.

A complexidade deste ecossistema compara-se à infinidade de estratégias desenvolvidas ao longo dos tempos na tentativa de minimizar os efeitos adversos do clima, que determinam o sucesso da atividade agrícola e pecuária e a sobrevivência das famílias nessa região. Em consequência do comportamento das chuvas no Semiárido e da reduzida capacidade de retenção de água na maioria dos solos, grande parte da população é altamente

dependente captação da água de chuva e de seu armazenamento, uma vez que os rios apresentam regime temporário, com exceção do rio São Francisco, que se destaca em meio à grande área seca (Jacomine, 1996).

As adversidades climáticas do Nordeste brasileiro prejudicam o desenvolvimento das atividades na agropecuária, gerando carências, principalmente as nutricionais, que acometem parte de sua população, situação esta, se estende também aos rebanhos criados, cuja baixa produtividade deve-se ao manejo alimentar, sanitário e reprodutivo deficiente (Lousada Júnior et al., 2006).

A frágil estrutura de suporte alimentar dos rebanhos reflete a baixa capacidade de suporte dos pastos nativos, o alto custo dos concentrados comerciais e a ausência de tradição no armazenamento de forragens nas formas de silagem e, ou, feno. Uma das maneiras de fornecimento de alimento no período seco do ano é a implantação de capineiras para fornecimento de alimento verde aos animais. Quando bem utilizada minimiza a escassez de forragem no período seco, refletindo positivamente sobre o desempenho do rebanho (Araújo, 2003).

Entretanto, as técnicas de armazenagem forrageira permitem transformar a suplementação alimentar em rotina diária, acelerando o ganho de peso e terminação dos animais, reduzindo perdas e melhorando a qualidade nutricional dos alimentos ofertados. O armazenamento do excedente de forragem na forma de feno ou silagem é prática secular.

Além disso, a eficiência de qualquer sistema de conservação de forragens deve considerar não apenas o valor nutricional do produto final, mas também as perdas ocorridas desde a colheita do material vegetal até a alimentação dos animais (McDonald et al., 1991).

Segundo Antunes et al. (2007) a produção de silagem de boa qualidade inicia-se pela escolha do híbrido e esta escolha deve ser embasada em informações relativas às características agronômicas e qualitativas, além de fatores genéticos e de clima que influenciam a produtividade do sorgo, mas, também, a quantidade de sementes, a época de semeadura, a população de plantas, o preparo, correção e fertilização do solo e o controle de plantas daninhas, pragas e doenças são fundamentais para obter alta produtividade.

Outra observação deve ser quanto à produção de grãos, pois quanto mais grãos na silagem, maior será o percentual de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) que é o teor de energia da silagem.

Tendo em vista a necessidade de se buscar materiais mais produtivos, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas para selecionar e melhorar geneticamente as plantas forrageiras, sempre procurando associar elevadas produções de matéria seca e com boa qualidade bromatológica (Neumann et al., 2010).

### **SORGO PARA SILAGEM**

Como opções para a produção de silagem, vêm sendo utilizado o milho (*Zea mays* L.), o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) e mais recentemente o girassol (*Helianthus annuus* L.). O sorgo apresenta potencial para minimizar o problema da carência de fonte de energia para ruminantes, já que a energia é o componente nutricional que demanda o maior custo na composição das rações e que os volumosos representam fonte mais barata desse componente da alimentação dos rebanhos.

O sorgo é uma planta que pode ser utilizada para produção de forragem, grãos, açúcar e álcool. Na alimentação animal apresenta grande potencial de produção e alto valor nutritivo, podendo ser administrado através do pastejo direto, fenação, silagem e grãos. Sua forragem fresca pode estar disponível em várias épocas do ano, a depender da região, e ainda é capaz de ser produzida com elevado desempenho em regiões sujeitas a períodos prolongados de deficiência hídrica (Mezzena et al., 2000).

Destaca-se por ser um alimento de alto valor nutritivo, que apresenta alta concentração de carboidratos solúveis, essenciais para adequada fermentação láctica, bem como altos rendimentos de matéria seca por unidade de área (Silva & Restle, 1993). Há no mercado disponibilidade de híbridos de sorgo para adaptar-se às diferentes regiões, sendo que numa mesma região tem-se a opção de escolha em função do ciclo, resistência e produtividade (Almeida Filho et al., 1999).

Para Zago (1991), um programa de melhoramento de sorgo deve, além orientar-se no sentido de determinar características herdáveis que estejam relacionadas com a fermentação

adequada e baixas perdas de matéria seca durante a ensilagem, enfatizar características como digestibilidade, consumo de forragem e desempenho animal.

Os genótipos produzidos por entidades oficiais são testados em várias localidades brasileiras, através dos ensaios nacionais de sorgo, coordenados pela Embrapa – Milho e Sorgo/ IPA, a fim de comprovar quais apresentam desempenho superior em termos de produtividade e do comportamento desses genótipos em relação às principais doenças e pragas (Oliveira et al., 2002).

A entressafra causa sérios prejuízos aos produtores, pois na maioria das vezes, boa parte do que o animal produz no período chuvoso é perdido no período seco do ano. A escolha da cultivar mais adequada é um aspecto fundamental para o estabelecimento de um sistema de produção mais eficiente. A eficiência na escolha de materiais genéticos pode ser implementada pela observação de um conjunto de informações para a cultura dentro de cada região (Gonçalves et al., 2005).

A caracterização agrônômica e nutricional dos materiais genéticos disponíveis no mercado é de fundamental importância para se obter uma silagem de alta produção e com elevado valor nutritivo, a importância da ensilagem do sorgo é ressaltada como reserva no período seco, aumentando o consumo de MS, o ganho de peso e a conversão alimentar, além de proporcionar rentabilidade ao produtor rural aumento de produtividade dos sistemas (Neumann et al., 2004).

Sabe-se que a nutrição é o fator decisivo para que se alcancem os níveis máximos de produção animal. A qualidade dos alimentos oferecidos é, portanto, extremamente importante no arraçamento de animais de alta produção, devendo-se aliar elevada produtividade com a qualidade, atentando ainda para as condições adequadas de armazenagem e conservação de volumosos e de grãos (Reis et al., 2001).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, S. G. **O bioma caatinga representado na cultura popular nordestina**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 38p.: il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 166).
- ALMEIDA FILHO, S.L.; FONSECA, D.M.; GARCIA, R. et al. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes e da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.7-13, 1999.
- ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas de endosperma. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.5, p.1351-1354, 2007.
- ARAÚJO, G.G.L. **Alternativas alimentares para caprinos e ovinos no semiárido**. In: SALES, R. de O. (ed). SEMINÁRIO NORDESTINO DE PECUÁRIA, 7, 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza: FAEC. 2003. p. 61-80.
- BISPO, P.C.; VALERIANO, M.M.; KUPLICH, T.M. Relação da vegetação de caatinga com a condição geomorfométrica local. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.523-530, 2010.
- CAMACHO, R.G.V.; BAPTISTA, G.M.M. Análise geográfica computadorizada aplicada à vegetação da caatinga em unidades de conservação do Nordeste: a) Estação Ecológica do Seridó-ESEC/RN/Brasil. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2611-2618.
- GONÇALVES, L. C.; PIRES, D. A. A; CASTRO, G. H. D. Algumas considerações sobre silagens de sorgo. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005. Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte, 2005. p.5-18.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE**. **Contagem da população**. Rio de Janeiro: 2010. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
- JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatinga – Características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTE, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV. 1996. p.95-111.
- LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. R. Caracterização físicoquímica de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agrônômica**, v.37, n.1, p.70-76, 2006.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**, 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991.340p.
- MEZZENA, A. G., BELOTTO, E. E., SCALÉA, M. Sorgo, uma alternativa de menor custo e melhor resultado na produção de carne. **Pecuária de Corte**, n.101, p.36-44, 2000.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção do novilho superprecoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 438-452, 2004.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; SOUZA, A.N.M.; PELLEGRINI, L.G.; ZANETTE, P.M.; NORNBORG, J.L.; SANDINI, I.E. Desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* X *Sorghum sudanense*) em manejo de cortes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p. 297-313, 2010.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; BOTREL, M.A.; PINHO, R.G.V.; RODRIGUES, J.A.S.; LOPES, F.C.F; MIRANDA, J.E. Adaptabilidade e Estabilidade em Cultivares de Sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.883-889, 2002.

REIS, W.; JOBIM, C. C.; MARTINS, E. N.; MACEDO, A. F.; MARTINS, E. N.; CECATO, U.; SILVEIRA, A. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 596-603, 2001.

SILVA, L.C.R.; RESTLE, J. Avaliação do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.467.

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4. 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1991. p.169-217.

## Capítulo 1

### *Divergência qualitativa entre silagens de genótipos de sorgo*

#### Resumo

Objetivou-se avaliar a divergência entre as silagens de seis genótipos de sorgo (SF15, IPA2502, SUDÃO, BRS655, BRS601 e BRS506) para as características: composição química, perfil fermentativo e digestibilidade *in vitro*. O agrupamento foi realizado utilizando as variáveis discriminatórias: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), nutrientes digestíveis totais (NDT), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), ácido lático (AL), ácido acético (AA), ácido propiônico (AP), nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca 48 e 96hs (DIVMS48 e DIVMS96). Os valores médios de pH variaram de 3,66 a 4,14 para as silagens dos genótipos BRS506 e BRS655, respectivamente. O percentual de ácido lático das silagens variou de 2,91% (BRS655) a 4,33% (IPA2502). A análise de agrupamento, pelo método de Ward e da distância euclidiana média originou quatro grupos. Todos os genótipos apresentaram perfil fermentativo com características desejáveis, entretanto, o genótipo IPA2502 destacou-se dos demais por apresentar melhores características de composição química e de digestibilidade *in vitro*.

**Palavras chave:** conservação de forragens, carboidratos não fibrosos, proteína bruta, semiárido, suplementação.

## INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas pela insuficiente disponibilidade de água e, principalmente, pela distribuição irregular das chuvas, que impõem severas restrições à produção agropecuária. Nesse sentido, a cultura do sorgo representa uma alternativa para a suplementação volumosa dos animais. O processo de ensilagem constitui uma das alternativas à sazonalidade da produção das forrageiras, permitindo que o excedente produzido seja aproveitado e utilizado em períodos de escassez.

De acordo com Neumann et al. (2002) entre as plantas forrageiras a cultura do sorgo destaca-se por apresentar produtividade média de 30,2 toneladas de massa verde por hectare, possibilitando a produção de silagens com teores de fibra em detergente neutro (FDN), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) de 55,84, 58,86 e 54,08, respectivamente.

O mesmo autor ao trabalhar com o híbrido AG2005 (sorgo de caráter duplo propósito) observou uma relação entre grãos/massa verde de 58,4/41,6%, o que confere valor médio de FDN em torno de 54,27% MS e DIVMO de 57,87% garantindo maior qualidade à silagem, devido à maior porcentagem da componente panícula na estrutura da planta. Pires et al. (2006) trabalhando com um híbrido forrageiro de porte alto, com colmo succulento, encontrou silagens com teores médios de matéria seca de 25,69%.

O uso de cultivares mais produtivas e adaptadas às condições locais tem sido apontado como responsáveis pelos maiores ganhos obtidos em produtividade (Tabosa et al., 1993). A escolha da variedade de sorgo para a produção de silagem tem por objetivo, a obtenção de um produto economicamente viável e de alta qualidade. O Brasil é um dos países com maior potencial de adaptação e crescimento para cultura de sorgo, sendo importante a identificação dos materiais genéticos mais adaptados às necessidades de cada região.

Neste intuito, objetivou-se com este trabalho avaliar a divergência qualitativa existente entre as silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench; *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) na região Semiárida, considerando os parâmetros da fermentação, as características bromatológicas e a digestibilidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench; *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf), desenvolvidos pelos programas de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo e do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) designados pelos seguintes nomes ou códigos: SF15, IPA 2502, Sudão, BRS 655, BRS 601, BRS 506, (Tabela 1).

Tabela 1. Características agronômicas dos seis genótipos de sorgo

Sorgo	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506
Tipo	Forrageiro	Duplo Propósito	Forrageiro	Forrageiro	Forrageiro	Forrageiro
Altura da planta (m)	2,5 a 3,5	1,8 a 2,0	3,0	2,5	3,0	3,0 a 3,3
Tipo de colmo	Suculento/sacarino	Suculento/sacarino	-	Seco	-	Suculento
Rendimento de MV (T/ha)	40 a 60	20 a 30		50 a 60	50 a 55	60
Rendimento de MS (T/ha)	15 a 18	-	16	15 a 18	18	25

Os genótipos foram cultivados no Campo Experimental da Embrapa Semiárido, no município de Nossa Senhora da Glória – SE; localizada entre as coordenadas 10°13'06"S e 37°25'13"W, e altitude de 291m. A precipitação média anual local é de 702 mm e as chuvas concentram-se nos meses de março a agosto, com temperatura média anual de 24,2°C (Tabela 2).

Tabela 2. Dados meteorológicos durante o período experimental

Mês/Ano	Dias <sup>1</sup>	Chuva (mm) <sup>2</sup>	Temperatura (°C)			Evapotranspiração (mm)	UR (%) <sup>3</sup>
			Max.	Min.	Média		
Maio/2011	22	123,6	27,4	20,7	23,2	3,2	66,5
Junho/2011	24	47,7	27,4	19,2	22,4	3,4	69,1
Julho/2011	22	111,8	26,4	18,3	21,4	3,2	68,2
Agosto/2011	21	69,4	27,2	18,1	21,7	3,8	66,4
Setembro/2011	14	45,6	28,0	17,9	21,9	3,8	66,5

<sup>1</sup>Ocorrência de chuvas em dias, <sup>2</sup>precipitação em milímetros, <sup>3</sup>Umidade relativa do ar em porcentagem.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 31 de maio de 2011, em parcelas de 14m<sup>2</sup> (2,8 x 5,0 m), com espaçamento de 0,70m entre linhas e trinta dias após o plantio foi feito o desbaste conservando-se 12 plantas por metro linear. Efetuou-se a adubação com base nos atributos químicos do solo da área experimental, utilizando-se 100 kg de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio e 300 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato simples. Foi considerada área útil da parcela duas fileiras centrais, desprezando-se 1m nas extremidades. Os genótipos foram colhidos e ensilados no dia 13 de setembro de 2011, aos 105 dias, quando os grãos localizados no meio da panícula estavam no estágio pastoso.

As plantas das parcelas foram cortadas com cutelos, rente ao solo e, em seguida, picadas em máquina forrageira estacionária. Para a ensilagem utilizaram-se 35 silos experimentais feitos de PVC com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento. Parte do material picado foi amostrado para ser analisado como material original. A compactação foi realizada com soquetes de madeira, para atingir uma densidade próxima a 550 kg/m<sup>3</sup>. Os silos foram abertos 180 dias após o processo de ensilagem.

#### *Determinação da composição química*

Cerca de 500 g de amostra de cada silo foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60-65°C, por 72 horas e, depois processadas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 1 milímetro foram armazenadas em recipientes de polietileno, para posteriores análises de matéria seca (MS), compostos nitrogenados (N), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), conforme AOAC (1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram feitas em autoclave, conforme descrito por Pell & Schofield (1993).

Nas análises de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termo-estável, sem o uso de sulfito de sódio, e corrigidas para nitrogênio e cinzas residuais (Mertens, 1992). A correção da FDN e FDA, determinação dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram

realizados conforme Licitra et al. (1996). Os conteúdos de lignina foram obtidos por meio da solubilização da celulose pelo ácido sulfúrico (Van Soest & Robertson, 1985).

As frações que compõem os carboidratos totais (CT) foram estimadas conforme Sniffen et al. (1992), obtidas pela fórmula:  $\%CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ , em que: %PB corresponde à concentração de proteína bruta da amostra, %EE corresponde à concentração de extrato etéreo e %MM à concentração de cinzas. A concentração dos carboidratos não fibrosos (CNF), expressos em % na matéria seca, foi estimada de acordo com Hall (2003):

$$\%CNF = 100 - (\%PB + \%FDNcp + \%EE + \%MM)$$

A partir da composição química das silagens foram estimados os valores de NDT, conforme equações (Detman 2006a, 2006b, 2006c, 2007 et al.), que estima os teores de proteína bruta digestível (PBd), extrato etéreo digestível (EEed), fibra em detergente neutro livre de cinzas e proteína digestível (FDNcpd) e carboidratos não fibrosos digestível (CNFd):

$$- PBd = 0,7845 * PB - 1,61; \text{ (Detman, 2006a)}$$

$$- EEed = 0,8596 * EE - 0,18; \text{ (Detman, 2006b)}$$

$$- FDNcpd = 0,835 * (FDNcp - L) * [1 - (L / FDNcp)^{0,85}], \text{ em que L = lignina; (Detman et al., 2007)}$$

$$- CNFd = 0,9507 * CNF - 5,11; \text{ (Detman, 2006c)}$$

As análises das características fermentativas e da composição química foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual de Santa Cruz, localizado no município de Ilhéus, Bahia. Depois da abertura de cada silo, o conteúdo foi retirado e homogeneizado; as silagens foram colocadas em bandejas e; uma alíquota de cada silo foi retirada para análises de pH, nitrogênio amoniacal como parte do nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT) e ácidos orgânicos.

### *Características fermentativas das silagens de sete genótipos de sorgo*

Para determinação do pH, foram coletadas subamostras de aproximadamente 25 g, às quais foram adicionados 100 mL de água deionizada, e após repouso por 2 horas, efetuou-se a leitura do pH, utilizando-se potenciômetro digital.

Na determinação de  $\text{NH}_3/\text{NT}$  foi utilizado 25 g da silagem úmida. A esta, foram acrescentados 200 mL de solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,2N) e, após repouso por 48h, foi realizada a filtração por meio de filtro tipo *Whatman 54*. Cinco mL do filtrado foi sofreu a adição de 10 mL de solução de KOH (2N) e centrifugação para a determinação do teor de N pelo método de Kjeldahl (Bolsen et al., 1992).

A análise de ácidos orgânicos foi realizada em amostra de 25 g de silagem fresca, acrescida de 250 mL de água destilada, homogeneizada em liquidificador industrial durante 1 minuto. O extrato aquoso resultante foi filtrado, em filtro de papel filtro tipo *Whatman*, e acidificado com  $\text{H}_4\text{SO}_4$  (50%). Deste filtrado, dois mL foram misturado à solução de ácido metafosfórico (20%) e centrifugados a 13.000 rpm por 15 minutos. A determinação dos ácidos láctico, acético, butírico e propiônico foi realizada por meio de cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC) Waters 2695 equipado com Detector PAD 2998 (*Photodiode Array Detector*), utilizando-se o comprimento de onda de 210 nm (Ranjit & Kung Jr., 2000).

### *Digestibilidade in vitro da MS (DIVMS) em 48 e 96 horas e Parâmetros de cinética de fermentação in vitro*

Para a obtenção do inoculo da incubação *in vitro* foram utilizados dois bovinos machos mestiços, castrados, canulados no rúmen, com peso médio de 400 kg. Os animais receberam dieta contendo 70% de volumoso (capim *Brachiaria decumbens*) e 30% de concentrado. O líquido ruminal foi retirado manualmente pela manhã, antes do fornecimento da dieta, de várias partes do rúmen, e armazenado em garrafa térmica

previamente aquecida (39°C) e imediatamente levada para o laboratório. O líquido ruminal foi filtrado, passando por duas camadas de gazes de algodão. Posteriormente, foi adicionado à solução tampão e o líquido de rúmen respeitando a relação 2:1 (v/v), sob injeção contínua de CO<sub>2</sub>;

Para as incubações foram utilizados 300 mg de amostra e frascos de vidro (50 mL) de acordo com procedimento descrito por Schofield & Pell (1994). A solução tampão, macro e micromineral, descrita por Menke e Steingass (1988), foi preparada no dia anterior à incubação, sendo mantida aquecida a 39°C, sob gaseificação contínua com CO<sub>2</sub>. A cada frasco foram adicionados 28,125 mL de solução tampão e 3,125 mL do inoculo.

Após 48 e 96 horas de incubação, os frascos foram removidos da estufa e levados para geladeira a 4°C, para cessar o processo fermentativo. Posteriormente, o conteúdo de cada frasco de vidro foi filtrado em cadinho filtrante de porosidade 1 e lavado com água destilada quente e acetona, e secos em estufa a 105°C por 16 horas, para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Os parâmetros: volume final de gases oriundos da fermentação dos carboidratos não fibrosos (VF<sub>CNF</sub>), taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos (kd<sub>CNF</sub>), latência (L), volume final de gases oriundos da fermentação dos carboidratos fibrosos (VF<sub>CF</sub>), taxa de degradação dos carboidratos fibrosos (kd<sub>CF</sub>) e volume total de gases oriundos da fermentação dos carboidratos totais (VT) foram usados no presente trabalho como possíveis variáveis discriminatórias de qualidade. Estes parâmetros serão discutidos com detalhes no capítulo 2.

### *Avaliação qualitativa das silagens*

Os parâmetros de qualificação das silagens adotados no presente trabalho foram os sugeridos por Tomich et al. (2003). Os autores sugeriram critérios de pontuação de acordo com os valores encontrados para características químicas da silagem como o pH associado ao teor de MS, N-NH<sub>3</sub>/NT e os teores de ácido butírico e ácido acético. Nessa proposta cada

variável recebe uma pontuação, e o somatório obtido é utilizado para a classificação da silagem, como “excelente”, “boa”, “regular”, “ruim” ou “péssima”.

### *Procedimentos Estatísticos*

Foram realizadas análises de variância e para as variáveis cujo teste F foi significativo, discriminou-se as médias pelo teste aglomerativo de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Esse teste é um método de agrupamento univariado que, ao contrário dos demais testes de comparação de múltiplas médias, elimina a ambiguidade e separa as médias de tratamentos em grupos homogêneos, facilitando a interpretação dos dados (Santos et al., 2001).

A divergência do valor nutricional entre os grupos, baseada em variáveis discriminatórias, foi estimada por meio de análise de agrupamento (Johnson e Wichern, 1988), utilizando-se a distância euclidiana média com variáveis padronizadas e o método de variância mínima. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa SAS (*STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM*, 2002).

Foi adotada a técnica de separação hierárquica (Siegmund et al., 2004), em que os indivíduos foram agrupados por processo que se repetiu em vários níveis para o estabelecido do dendograma. O processo envolveu há a estimativa de uma medida de similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos e a adoção de uma técnica de formação de grupos (Santana & Malinowski, 2002).

Utilizou-se no agrupamento como variáveis discriminatórias: potencial de hidrogênio (pH), ácido propiônico (AP), matéria orgânica (MO), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), latência (L), volume final dos carboidratos fibrosos (VF<sub>CF</sub>), volume total de carboidratos (VT), carboidratos totais (CT), fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, corrigidos para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub> e FDA<sub>cp</sub>) e digestibilidade in vitro da matéria seca no tempo 48h (DIVMS48); para a discriminação qualitativa das silagens dos genótipos de sorgo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Composição química*

Houve diferença ( $P<0,05$ ) entre as silagens dos genótipos de sorgo para as variáveis MS, MO, PB, NIDN, NIDA e NDT. Os maiores valores de matéria seca foram observados para as silagens dos genótipos BRS506, Sudão, BRS601 e BRS 655 com 35,24, 35,21, 34,34 e 33,61%, respectivamente, que não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 3. Composição bromatológica das silagens de seis híbridos de sorgo

Parâmetro		SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Média	CV %
MS	%	29,0 <sup>b</sup>	26,2 <sup>c</sup>	35,2 <sup>a</sup>	33,6 <sup>a</sup>	34,3 <sup>a</sup>	35,2 <sup>a</sup>	32,4	4,6
MO		95,3 <sup>a</sup>	94,8 <sup>a</sup>	95,2 <sup>a</sup>	92,7 <sup>c</sup>	94,7 <sup>b</sup>	94,8 <sup>a</sup>	94,4	0,7
PB		2,0 <sup>d</sup>	3,5 <sup>c</sup>	2,5 <sup>d</sup>	6,5 <sup>b</sup>	9,3 <sup>a</sup>	8,6 <sup>a</sup>	4,9	17,3
EE	%MS	2,1 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,7	20,6
NIDN		1,4 <sup>a</sup>	0,8 <sup>c</sup>	1,5 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	1,2 <sup>b</sup>	1,0 <sup>c</sup>	1,2	13,3
NIDA		1,4 <sup>a</sup>	0,7 <sup>c</sup>	1,6 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,2 <sup>b</sup>	1,0 <sup>b</sup>	1,2	15,8
NDT		64,2 <sup>b</sup>	74,8 <sup>a</sup>	62,5 <sup>c</sup>	61,8 <sup>c</sup>	66,7 <sup>b</sup>	64,6 <sup>b</sup>	65,7	2,9

MS=matéria seca, MO=matéria orgânica, PB=proteína bruta, EE=extrato etéreo, NIDN=nitrogênio insolúvel em detergente neutro, NIDA=nitrogênio insolúvel em detergente ácido, NDT=nutrientes digestíveis totais, NT=nitrogênio total. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p<0,05$ ).

Segundo Tomich et al., (2003), as silagens de boa qualidade devem apresentar concentração de matéria seca acima de 28%, já que a os clostrídios são sensíveis também à baixa disponibilidade de água do meio, permanecendo nessas condições, inativados. Apenas a silagem do genótipo IPA2502 apresentou teores de umidade acima de 72%, porém, aparentemente não comprometeram outros parâmetros comumente utilizados para a classificação da qualidade das silagens.

Foram observadas diferenças ( $P<0,05$ ) entre as silagens dos sete genótipos estudados, para os teores de proteína bruta. As silagens dos genótipos BRS601 e BRS506 apresentaram as maiores ( $P<0,05$ ) concentrações (9,32 e 8,63% de PB; respectivamente), em relação aos demais (Tabela 3).

Os baixos valores de PB, das silagens dos genótipos SF15 e Sudão podem ser características inerentes relacionadas à estrutura morfológica destes materiais, já que a maior altura das plantas (Tabela 1) pode estar associada a menor representatividade da fração panícula e conseqüentemente dos teores de proteína. Machado (2012) encontrou teores médios de PB, para silagens de sorgo dos genótipos BRS 610, BR 700, BRS 655 de 6,13, 5,81, 6,66, respectivamente, porém todos estes materiais são de duplo propósito.

Quanto aos valores de extrato etéreo (EE), não houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre as silagens dos genótipos de sorgo estudados. Contudo, verifica-se que a porcentagem de extrato etéreo das silagens de sorgo estão abaixo do limite de 8% EE, recomendado por McGuffey & Schingoethe (1980) para que não ocorra redução na ingestão de alimento e conseqüente diminuição do desempenho animal.

Os maiores valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foram observados para as silagens dos genótipos SF15, Sudão e BRS655 (1,40; 1,53 e 1,55% na MS, respectivamente), que não diferiram entre si. Em relação a nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), as silagens dos genótipos SF15 e Sudão apresentaram os valores mais elevados, significando que além dos baixos teores de proteína, esta fração é menos disponível que a observada para os demais genótipos. Houve diferença ( $P < 0,05$ ) no teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das silagens. A silagem do genótipo IPA2502 apresentou maior ( $P < 0,05$ ) valor de NDT (74,88% na MS) em relação às demais silagens dos genótipos de sorgo.

Houve diferença ( $P > 0,05$ ) nos valores de CNF, FDN, FDA e lignina entre as silagens avaliadas (Tabela 4). A silagem do genótipo IPA2502 apresentou o maior ( $P < 0,05$ ) valor de CNF (43,39% MS), o que pode estar relacionado ao colmo succulento, já que se trata de material sacarino e à maior representatividade da panícula.

Tabela 4. Valores médios dos carboidratos e lignina das silagens de sete híbridos de sorgo

Parâmetro	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Média	CV %
CT	91,1 <sup>a</sup>	88,5 <sup>a</sup>	90,1 <sup>a</sup>	85,0 <sup>b</sup>	86,8 <sup>b</sup>	86,2 <sup>b</sup>	88,1	3,0
CNF	32,4 <sup>c</sup>	43,3 <sup>a</sup>	29,7 <sup>c</sup>	30,2 <sup>c</sup>	37,5 <sup>b</sup>	35,9 <sup>b</sup>	33,6	10,7
FDNcp	% 58,7 <sup>a</sup>	43,8 <sup>c</sup>	60,3 <sup>a</sup>	52,9 <sup>b</sup>	49,2 <sup>b</sup>	50,0 <sup>b</sup>	53,2	7,2
FDAcp	43,0 <sup>a</sup>	24,8 <sup>d</sup>	41,4 <sup>a</sup>	35,0 <sup>b</sup>	30,5 <sup>c</sup>	30,5 <sup>c</sup>	35,5	7,5
LIG	4,0 <sup>b</sup>	2,1 <sup>c</sup>	4,9 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,4	11,7

MS= matéria seca, MO= matéria orgânica, PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo, NIDN= nitrogênio insolúvel em detergente neutro, NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido, NDT= nutrientes digestíveis totais, NT= nitrogênio total. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Para os valores de FDNcp as silagens dos genótipos Sudão e SF15 apresentaram maior valor ( $P < 0,05$ ) em relação às demais silagens. Molina (2002) observou valores semelhantes em silagens de sorgo 62,6, 61,5 e 59,1% na MS para os genótipos BR700, BR 701 e MASSA 03, respectivamente. Em relação aos valores de FDA (Tabela 4), as silagens dos genótipos SF15 e Sudão apresentaram maior valor ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais genótipos. Araújo et al. (2007) encontrou correlação entre FDA e porcentagem de folhas (0,64), colmos (0,49) e panículas (-0,77), o que confirmam a influência da participação das partes das plantas sobre os constituintes da parede celular.

Os valores de FDNcp e FDAcp podem estar associados ao maior porte destes materiais e à menor representatividade da planilha. Houve diferenças ( $P < 0,05$ ) entre as médias de lignina para as silagens dos genótipos, sendo que as silagens dos genótipos Sudão, BRS506 e BRS655 (4,95; 5,07 e 5,62%; respectivamente) apresentaram maiores valores ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais genótipos. Araújo et al. (2007) encontraram valores médios de lignina de 6,0%, 6,4% e 4,8% para silagens dos genótipos BR700, BR701 e MASSA03, respectivamente.

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre as silagens dos genótipos para todas as características fermentativas avaliadas (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios das características fermentativas das silagens de sete híbridos de sorgo

Parâmetro		SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Média	CV%
pH		3,71 <sup>c</sup>	3,90 <sup>b</sup>	3,90 <sup>b</sup>	4,14 <sup>a</sup>	3,99 <sup>b</sup>	3,66 <sup>c</sup>	3,98	3,58
N-NH <sub>3</sub>	%NT	5,98 <sup>b</sup>	4,43 <sup>b</sup>	5,12 <sup>b</sup>	5,66 <sup>b</sup>	4,10 <sup>b</sup>	8,25 <sup>a</sup>	5,45	26,9
AL		3,58	4,33	3,61	2,91	3,87	4,17	3,81	17,84
AA	%MS	0,75 <sup>b</sup>	1,14 <sup>b</sup>	0,85 <sup>b</sup>	1,07 <sup>b</sup>	1,03 <sup>b</sup>	1,72 <sup>a</sup>	1,12	24,22
AP		0,33 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	ND	0,11 <sup>b</sup>	0,30	25,13
AB		0,16 <sup>a</sup>	0,26 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,21	26,42

pH= potencial d hidrogênio, N-NH<sub>3</sub>/NT= nitrogênio amoniacal, AL= ácido lático, AA= ácido acético, AP= ácido propiônico, AB= ácido butírico, ND= não determinado. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, p< 0,05.

#### *Potencial de hidrogênio (pH)*

Houve diferença (P<0,05) entre as silagens quanto ao potencial de hidrogênio (Tabela 5). De acordo com McDonald et al. (1991), o pH ideal, indicativo de silagem bem conservada, deve estar entre 3,6 a 4,2 e sua redução dentro do silo está ligada ao ambiente anaeróbico, capacidade tamponante da forrageira utilizada, à disponibilidade de carboidratos solúveis e bactérias lácticas homo e heterofermentativas. Para Tomich et al. (2003) o valor do pH deve ser associado à concentração de matéria seca. Nesses casos deve-se observar não apenas o pH mais a velocidade com que ocorreu a acidificação da massa ensilada, já que o desenvolvimento da acidez é inibido por uma maior concentração de água e pela pressão osmótica do meio, sendo o pH inversamente proporcional ao teor de umidade do material original ensilado.

Muck (1988) constatou que o abaixamento de pH ocorre nos cinco primeiros dias, e se estabiliza até os 10 dias de ensilagem; não sendo o pH final baixo garantia de que a atividade clostridiana foi prevenida ou a proteólise inibida/minimizada; isso porque a quantidade de matéria seca durante a ação das bactérias lácticas, pode interferir diretamente na proteólise. Machado et al. (2012) avaliando silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação, relatou valores de 3,88, 4,11 e 4,22 para os híbridos BRS610, BRS700 e BRS655, respectivamente; colhidos em estágio de grão farináceo.

### *Nitrogênio amoniacal/NT*

Quanto ao teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT), houve diferença (P<0,05) entre as silagens (Tabela 5). A silagem do genótipo BRS 506 apresentou o maior valor (8,25% N-NH<sub>3</sub>/NT), diferindo das demais silagens.

Molina et al. (2002), trabalhando com silagens de seis genótipos de sorgo, em três estádios de maturação, encontraram valores médios de 10,0, 10,4 e 10,0 % de N-NH<sub>3</sub>/NT, respectivamente; superiores aos encontrados no presente trabalho. Araújo et al. (2007) observaram valores de (N-NH<sub>3</sub>/NT) que variaram de 4,8% a 6,6%, 4,1 a 6,2%, e 5,6% a 8,0%, para os híbridos BR700, BR701 e MASSA03, respectivamente.

Os produtos finais da hidrólise da proteína e aminoácidos são aminoácidos básicos, aminas e amônia, que dificultam a queda do pH (McKersie, 1985) e apresentam limitação nutricional. Oshima & McDonald (1978) estabeleceram valores entre 8 e 11% de N-NH<sub>3</sub>/NT; e Tomich et al. (2003) propôs que silagens de boa qualidade devem apresentar valores menores que 10% N-NH<sub>3</sub>/NT. Embora tenha ocorrido diferença (P<0,05) entre os teores médios de nitrogênio amoniacal das silagens avaliadas, os valores encontrados foram inferiores aos limites estabelecidos por estes pesquisadores, indicando a preservação da fração proteica das silagens dos genótipos avaliados.

### *Ácidos orgânicos das silagens*

#### Ácido láctico

Não houve diferença (P>0,05) entre os valores de ácido láctico das silagens, que variaram de 2,91 a 4,33% na matéria seca (Tabela 5). Segundo Moisis & Heikonen (1994), dentre os ácidos orgânicos oriundos do processo fermentativo, o ácido láctico é o que mais contribui para o abaixamento do pH da massa ensilada; isso deve-se ao fato do mesmo apresentar a maior constante de dissociação.

Machado et al (2012), ao avaliar silagens do híbrido de sorgo BRS700, ensilado em estádio de grão leitoso, pastoso e farináceo, encontrou valores de 5,80; 5,31 e 4,48% na MS.

Por se tratar de um produto resultante do processo fermentativo, o potencial de hidrogênio sofre influência de vários fatores como, por exemplo, o teor de MS e carboidratos solúveis do material original, das condições de anaerobiose do silo, da microflora presente e da capacidade tamponante da forrageira (Moisio & Heikonen, 1994).

Assim, os teores de ácido láctico necessários para reduzir o pH e inibir a atividade clostridiana, variam de acordo com a capacidade tamponante da forrageira e com o teor de umidade; não sendo possível estabelecer quantidades ideais para a avaliação do processo fermentativo baseado somente nos teores de ácido láctico (Tomich *et al.*, 2003).

### Ácido acético

Houve diferença para os valores de ácido acético ( $P < 0,05$ ) entre as silagens dos genótipos avaliados (Tabela 5). A silagem do genótipo BRS 506 diferiu das demais apresentando o maior valor em relação aos demais, que não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si.

Silva *et al.* (2012) trabalhando com silagem de 25 híbridos de sorgo, encontrou valores de ácido acético de 0,26 a 1,04% na MS. O ácido acético e outros ácidos voláteis formados durante o processo de ensilagem, apesar de serem usados como parâmetro para classificação de qualidade, são fracos e, em uma boa silagem (com pH de 3,8 a 4,0), somente 10% destes ácidos estão ionizados. Silagens com bom padrão fermentativo apresentam menos de 2,5% de ácido acético (Tomich *et al.*, 2003).

### Ácido Propiônico

Observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre o teor de ácido propiônico das silagens avaliadas. A silagem do genótipo BRS 655 apresentou o menor valor ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais genótipos, que não diferiram entre si ( $P < 0,05$ ) (Tabela 5). Em silagens de boa qualidade esperam-se concentrações menores que 0,5% na MS (Roth & Undersander, 1995), já que o mesmo é produto de fermentações secundárias, de bactérias ácido-propiônicas, ou pela ação de clostrídios, sua contribuição para o abaixamento do pH é mínima. Apesar disso, trata-se de um agente que promove a estabilidade aeróbica, pois, este ácido possui ação antimicótica. Sua ação é dependente do baixo pH do meio e de uma quantidade mínima na forma não ionizada (Merry & Davies, 1999).

## Ácido Butírico

Não houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre as silagens dos genótipos. A silagem do genótipo BRS655 apresentou as maiores concentrações deste ácido (Tabela 5). Os baixos teores de ácido butírico encontrado nas silagens dos genótipos estudados indica que todos apresentaram concentração de matéria seca e carboidratos solúveis adequados para promover queda rápida do pH e impedir fermentações indesejáveis.

Segundo Van Soest (1994) silagens bem preservadas, apresentam concentrações muito baixas ou nulas desse ácido, já que o mesmo é originário de fermentações secundárias; relacionada a grandes perdas de matéria seca e energia. O desejável é que as silagens de sorgo não apresentem este tipo de ácido orgânico, ou contenha até 0,3% de butirato na matéria seca (Tomich et al., 2003).

Quanto aos valores de DIVMS das silagens, não houve diferença entre as silagens no tempo 48h; entretanto houve diferença ( $P < 0,05$ ) no tempo 96h (Tabela 6).

Tabela 6. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca nos tempos 48 e 96h das silagens de sete híbridos de sorgo

Parâmetro	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Média	CV %
DIVMS48	53,29 <sup>a</sup>	78,52 <sup>a</sup>	54,53 <sup>a</sup>	56,99 <sup>a</sup>	62,45 <sup>a</sup>	65,78 <sup>a</sup>	60,76	0,91
DIVMS96	58,06 <sup>c</sup>	76,20 <sup>a</sup>	59,42 <sup>c</sup>	60,46 <sup>c</sup>	64,56 <sup>b</sup>	65,81 <sup>b</sup>	64,09	2,36

DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca nos tempos 48 e 96 horas. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott Knott.

A média de DIVMS no tempo 48 foi de 61,54%. A silagem do genótipo IPA2502 apresentou o maior valor ( $P < 0,05$ ) de DIVMS96, diferindo das demais silagens dos genótipos de sorgo. Os menores valores de DIVMS para os materiais SF15 e Sudão podem ser explicados pelos elevados tores de fração fibrosa nas silagens destes materiais.

Os critérios propostos por Tomich et al., (2003) associam variáveis relacionadas às características fermentativas e indica o potencial de conservação da forragem (Tabela 7). Nesse caso, a fermentação foi classificada como excelente, que corresponde à menores perdas de matéria seca e energia, preservando a qualidade da fração proteica da forragem original durante a armazenagem.

Tabela 7. Qualificação das silagens de seis genótipos de sorgo

	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506
pH/MS	25	25	25	25	25	25
N-NH <sub>3</sub> /NT	25	25	25	25	25	25
Acido acético	0	0	0	0	0	0
Ácido butírico	40	40	40	40	40	40
Pontuação	90	90	90	90	90	90
Qualificação	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Com o objetivo de avaliar a divergência qualitativa entre os genótipos foi realizado teste de agrupamento, inicialmente realizado utilizando-se variáveis discriminatórias e análise multivariada, considerando as características químicas, fermentativas e a digestibilidade *in vitro*. A formação dos grupos possibilitou a visualização das silagens dos genótipos mais próximos de acordo com características comuns (Tabela 8).

Tabela 8. Contribuição de cada variável na formação dos grupos

Variável	Contribuição (%)
pH	13,3
Acido Propiônico	6,67
Matéria Orgânica	6,67
NIDA	6,67
Nutrientes digestíveis totais	6,67
L	13,3
Volume Final CF	6,67
Volume Total	6,67
Carboidratos Totais	13,3
FDNcp	6,67
FDAcP	6,67
DIVMS <sub>48</sub>	6,67

Não houve contribuição dos parâmetros N-NH<sub>3</sub>/NT, AI, AA, AB, MS, PB, EE, NIDN, VF, VF<sub>CNF</sub>, kd<sub>CNF</sub>, CNF, LIG e DIVMS<sub>96</sub> para a definição dos grupos.

No dendograma gerado conforme Johnson & Wichern (1992), foi realizado um corte de maneira subjetiva com o objetivo de facilitar a caracterização dos grupos, considerando 40% de dissimilaridade (Figura 1), com isso detectou-se a formação de quatro grupos hierárquicos.

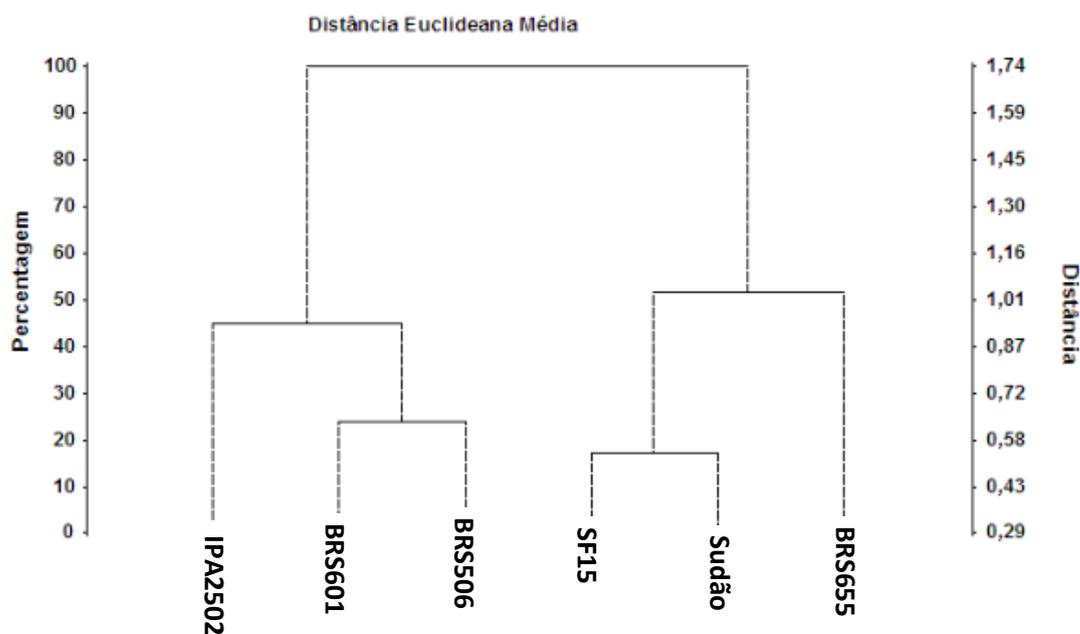


Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade das características químicas, fermentativas e de digestibilidade *in vitro*.

N-NH<sub>3</sub>/NT (4,43) e maior valor de ácido lático (4,33), além de valores superiores a 70% de NDT e DIVMS nos tempos 48 e 96h, respectivamente (Tabela 9). Portanto, caracterizou-se como a melhor silagem em relação às demais, porém na escolha de genótipos para silagem outros aspectos devem ser considerados como: produtividade (kg/ha), além de resistência a pragas e doenças. No grupo 2 encontram-se os genótipos ensilados BRS601 e BRS506, com o maior valor médio de proteína bruta (6,18% na MS), menor valor médio de ácido propiônico (0,11% MS) e maior valor médio de NH<sub>3</sub>/NT; este grupo apresentou características de valor nutricional e qualidade de silagem mais próximo ao do Grupo 1 que se destacou em relação aos demais.

Já o grupo 3 é representado pelas silagens dos genótipos SF15 e Sudão com maior valor médio da FDN<sub>cp</sub> e FDA<sub>cp</sub>, e menor teor médio de PB dentre todas avaliadas, assim caracteriza-se como o de menor valor nutritivo. O grupo 4 foi formado pela silagem do genótipo BRS655 e obteve maior valor médio de NIDN e lignina, além de menor valor de NDT e ácido lático (2,91% na MS).

Tabela 9. Estatística descritiva das características químicas, fermentativas e de digestibilidade *in vitro* dos grupos formados pelas silagens dos seis genótipos de sorgo

Variáveis	1- IPA2502		2- BRS601/BRS506			3- SF15/SUDÃO			BRS655	
	Média	Média	Minimo	Máximo	CV %	Média	Minimo	Máximo	CV %	Média
pH	3,90	3,83	3,66	3,99	6,10	3,81	3,71	3,90	3,53	4,14
AP	0,49	0,06	ND	0,11	141,42	0,34	0,33	0,34	2,11	0,48
MO	94,86	94,81	94,75	94,86	0,08	95,29	95,28	95,29	0,01	92,71
NIDA	%	0,79	1,10	1,00	1,20	12,86	1,52	1,37	1,67	13,96
NDT	MS	74,88	65,70	64,61	66,78	2,34	63,38	62,56	64,19	1,82
FDNcp		43,80	49,65	49,25	50,04	1,13	59,54	58,73	60,34	1,91
FDACP		24,80	30,55	30,51	30,59	0,19	42,22	41,43	43,01	2,65
L		1,17	1,92	1,69	2,14	16,62	2,35	1,97	2,72	22,62
VFCF		226,34	184,17	166,07	202,27	13,90	189,97	185,83	194,10	3,08
VT		226,34	198,56	194,84	202,27	2,65	189,97	185,83	194,10	3,08
CT		88,53	86,52	86,20	86,84	0,52	90,64	90,14	91,13	0,77
DIVMS <sub>48</sub>	%	79,53	64,11	62,45	65,77	3,66	49,22	45,15	53,29	11,69

ND= não determinado, pH= potencial de hidrogênio, AP= ácido propiônico, MO= matéria orgânica, NIDA= nitrogênio insolúvel em detergente ácido, VF<sub>CF</sub>, ao volume máximo de gás da fração CF, em mL/%FDNcp, L refere-se à latência (horas), FDNcp e FDACP= fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, corrigido para cinzas e proteínas, respectivamente; CT= carboidratos totais, DIVMS<sub>48</sub>= digestibilidade *in vitro* da matéria seca no tempo 48h.

## CONCLUSÕES

Os genótipos de sorgo utilizados apresentam potencial para uso na forma de silagens pois permitem perfil fermentativo adequado. A silagem do genótipo IPA 2502 é a mais recomendável para uso na alimentação de animais ruminantes por apresentar superioridade em relação às demais silagens nas características de nutrientes digestíveis totais e de digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - **Official Methods of Analysis**, 15th ed. AOAC International, Arlington. 1990.

ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.O.S. Qualidade das silagens de três híbridos ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivos Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n.1, p.168-174, 2007.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. Effect of Silage Additives on the Microbial Succession and Fermentation Process of Alfalfa and Corn Silages. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 11, p. 3066-3083, 1992.

DETMAN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S.; PAULINO, M.F.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A.; HENRIQUES, L.T. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p 1479-1486, 2006a.

DETMAN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, M.L. MAGALHÃES, K.A. Estimação da Digestibilidade dos Carboidratos Não-Fibrosos em Bovinos utilizando-se o Conceito de Entidade Nutricional em Condições Brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1479-1486, 2006c.

DETMAN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO, M.F.; MAGALHÃES, A.L.R.; FIGUEIREDO, D.M.; PORTO, M.O.; CHIZZOTTI, M.L. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.1, p. 155-164, 2007.

DETMAN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CAMPOS, J.M.S.; PAULINO, M.F.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A. Estimação da Digestibilidade do Extrato Etéreo em Ruminantes a Partir dos Teores Dietéticos: Desenvolvimento de um Modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.4, p. 1469-1478, 2006b.

HALL, M.B. Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. **Nutritional Relevance and Analysis**, University of Florida, Gainesville. 2003.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n 4, p.347-358, 1996.

MACHADO, F.S; RODRÍGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; TEIXEIRA, A.M.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; VELASCO, F.O.; GONÇALVES, L.C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L.G.R. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.711-720, 2012.

MAURICIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n. 2, p.216-219, 2003.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**, 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991.340p.

McGUFFEY, R.K.; SCHINGOETHE, D.J. Feeding value of high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.7, p.1109-1113, 1980.

McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal**, v.77, n.1, p.81-86, 1985.

MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v. 28, p. 7-55, 1988.

MERRY, R. J.; DAVIES, D. R. Propionibacteria and their role in the biological control of aerobic spoilage in silage. **Dairy Science and Technology**, v. 79, n. 1, p. 149– 164, 1999.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.1-32, 1992.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, n.6, p.1217-1240, 2002.

MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science Technology**, v. 47, n. 1- 2, p. 107– 124, 1994.

MOLINA, L.R.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; SOUSA, B.M.; LARA, A.C. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), com e sem tanino no grão, ensilados no estádio de grão farináceo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.39, n.5, p. 233-237, 2002.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 11, p. 2992– 3002, 1988.

MULLIGAN, F.J.; QUIRKE, J; RATH, M.; CAFFREY, P.J.; O'MARA, F.P. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. **Livestock Production Science**, v.74, n. 2, p.113-124, 2002.

NEUMANN, M; RESTLE J; ALVES FILHO D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.G.; FREITAS, A.K. Avaliação do Valor Nutritivo da Planta e da Silagem de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002.

OHSHIMA, M., McDONALD, P. A review of changes in nitrogenous compounds in herbage during ensiling. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.29, n.6, p.497-505, 1978.

PELL, A. N. & SCHOFIELD, E.L.D.P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.

PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; JAYME, C.G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.241-256, 2006.

RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 3, p. 526–535, 2000.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: **Corn Silage Production Management And Feeding**. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. P.27-29.

SANTANA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. Uso da análise multivariada no estudo de fatores humanos em operadores de motosserra, **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 101-107, 2002.

SANTOS, C. FERREIRA, D.F.; BUENO FILHO, J.S.S. Novas alternativas de testes de agrupamento avaliadas por meio de simulação Monte Carlo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.6, p.1382-1392, nov./dez., 2001.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, n. 11, p.2980-2991, 1994.

SIEGMUND, K.D.; LAIRD, P.W.; LAIRD OF FRINGA, I.A. A comparison of cluster analysis methods using DNA methylation data. **Bioinformatics**, v.20, n.12, p.1896-1904, 2004.

SILVA, T.C.; SANTOS, E. M.; MACEDO, C.H.O.; LIMA, M.A.; BEZERRA, H.F.C.; AZEVÊDO, J.A.G.; RODRIGUES, J.A.S.; OLIVEIRA, J.S. Divergence of the fermentative and bromatological characteristics of 25 sorghum hybrid silages. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 41, p. 1127-1133, 2012.

SILVA, T.C.; SANTOS, E.M.; MACEDO, C.H.O.; LIMA, M.A.; BEZERRA, H.F.C.; AZEVÊDO, J.A.G.; RODRIGUES, A.S.; OLIVEIRA, J.S. Divergence of the fermentative and bromatological characteristics of 25 sorghum hybrid silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1127-1133, 2012.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II– Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM- SAS. **SAS System for linear models**. Cary: SAS Institute, 2002.

TABOSA, J.N.; FRANÇA, J.G.E; SANTOS, J.P.O.; MACIEL, G.A.; LIRA, M.A.; ARAÚJO, M.R.A.; GUERRA, N.B. Teste em linhas de sorgo no semiárido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 12, p. 1385-1390, 1993.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. (**Documento 57/EMBRAPA PANTANAL**), 20p., 2003. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC57.pdf>, acesso em 20 de janeiro de 2013.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**, Cornell University, Ithaca. 1985.

VAN SOEST, P.J. **Nutrition and ecology of the ruminant**, 2 ed., Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n.6, p.764-772, 2004.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 35, 1998, Botucatu, SP. Anais...BOTUCATU: SBZ, p.73-108.

## Capítulo 2

*Degradabilidade e cinética de fermentação ruminal in vitro de silagens de sorgo.*

### Resumo

O objetivo foi avaliar a cinética de fermentação ruminal das silagens de seis genótipos de sorgo (SF15, IPA2502, Sudão, BRS655, BRS601 e BRS506) utilizando-se a técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases. A superioridade da silagem do genótipo IPA2502 em relação aos demais, para a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos ( $kd_{CNF}$ ) e volume total de carboidratos fibrosos (0,102 e 320,4; respectivamente) está relacionada com sua maior degradabilidade potencial (DP) da matéria seca.

**Palavras chave:** Produção de gases, valor nutricional, ruminantes

## INTRODUÇÃO

O sorgo é uma cultura que apresenta alta produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes, podendo ser utilizada tanto para silagem ou corte verde, quanto para pastejo; e os grãos, em rações animais e para o consumo humano (Mezzena et al., 2000).

Além disso, o sorgo constitui uma cultura adaptada ao processo de ensilagem por sua facilidade de cultivo, alto rendimento e pela qualidade da silagem produzida, dispensando o uso de aditivos como forma de melhorar e estimular a fermentação (Zago, 1991); mantém vivo o seu sistema radicular após a colheita para ensilagem, o que possibilita, em condições adequadas de temperatura, umidade e presença de nutrientes, uma rebrota com considerável produção de matéria seca.

A conservação do excesso de forragem, produzida na época de abundância, para suprir as necessidades de alimentação dos animais nos meses de escassez é fundamental para o crescimento sustentado da pecuária por garantir a oferta de alimentos. Por se tratar de um fator de inserção dos agricultores familiares no mercado, há necessidade do desenvolvimento de tecnologias de convivência com a seca e de produção eficiente de leite. O sorgo surge como opção e é necessário avaliar os materiais de maior potencial para uso na região.

A qualidade nutricional de uma forrageira é medida por sua digestibilidade e pelo consumo voluntário e a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases é uma prova biológica que permite a identificação de materiais de maior valor nutritivo, através da estimativa das taxas de digestão das frações solúveis e insolúveis dos alimentos. Essa técnica apresenta a vantagem de permitir a avaliação de um grande número de amostras por experimento, com boa acurácia, facilidade de manuseio e baixo custo por amostra analisada.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a cinética de fermentação ruminal e a degradabilidade *in vitro* das silagens de seis genótipos de sorgo para uso na região nordeste brasileira.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local

Os genótipos foram cultivados no Campo Experimental da Embrapa Semiárido, no município de Nossa Senhora da Glória – SE; localizada entre as coordenadas 10°13'06"S e 37°25'13"W, e altitude de 291m. A precipitação média anual local é de 702 mm e as chuvas concentram-se nos meses de março a agosto, com temperatura média anual de 24,2°C (Tabela 1).

Tabela 1. Dados meteorológicos durante o período experimental

Mês/Ano	Dias <sup>1</sup>	Chuva (mm) <sup>2</sup>	Temperatura (°C)			Evapotranspiração (mm)	UR (%) <sup>3</sup>
			Max.	Min.	Média		
Maio/2011	22	123,60	27,46	20,72	23,23	3,28	66,53
Junho/2011	24	47,70	27,48	19,26	22,46	3,43	69,10
Julho/2011	22	111,80	26,49	18,31	21,44	3,24	68,22
Agosto/2011	21	69,40	27,28	18,12	21,74	3,85	66,46
Setembro/2011	14	45,60	28,08	17,95	21,95	3,85	66,58

<sup>1</sup>Ocorrência de chuvas em dias, <sup>2</sup>precipitação em milímetros, <sup>3</sup>Umidade relativa do ar em porcentagem.

Foram avaliados seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench; *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) SF15, IPA 2502, Sudão, BRS 655, BRS 601 e BRS 506 (Tabela 2 inserir a tabela com os dados dos genótipos). A semeadura foi realizada manualmente em maio de 2011, em parcelas de 14m<sup>2</sup> (2,8 x 5,0 m), com espaçamento de 0,70m entre linhas. Para a ensilagem foi considerada área útil da parcela apenas as duas fileiras centrais, desprezando-se 1m nas extremidades, quando cada genótipo apresentou teor de matéria seca adequado ao processo. Após o corte, o sorgo foi picado e ensilado em 35 silos laboratoriais de PVC de 100 mm de diâmetro e 500 mm de comprimento, sendo a forragem compactada com o auxílio de soquetes de madeira. As análises bromatológicas foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual de Santa Cruz, localizada no município de Ilhéus, Bahia.

### Determinação da composição química

Amostras de cada silo foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60-65°C, por 72 horas, e posteriormente moídas em moinho de facas tipo Willey (peneira com malha de 1mm), armazenadas em recipientes de polietileno, e submetidas às análises laboratoriais em duplicata para a determinação de matéria seca (MS), compostos nitrogenados (N), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme AOAC (1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram feitas em autoclave, conforme descrito por Pell & Schofield (1993), dos coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS, %) e da cinética de degradação ruminal *in vitro* pela técnica gravimétrica e de produção de gases (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química, pH e parâmetros fermentativos das silagens de seis genótipos de sorgo

Parâmetro	Genótipos						
	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Ponta Negra
MS (%MN)	29,0	26,29	35,21	33,61	34,34	35,24	32,34
pH	3,7	3,90	3,90	4,14	3,99	3,66	4,58
	% MS						
PB	2,02	3,60	2,59	6,53	9,32	8,63	8,87
FDNcp	58,73	43,80	60,34	52,96	49,25	50,04	51,45
FDACP	43,01	24,80	41,43	35,07	30,59	30,51	30,42
LIGNINA	4,09	2,10	4,95	5,62	4,15	5,07	7,14
N-NH <sub>3</sub> /NT	5,98	4,43	5,12	5,66	4,10	8,25	4,70
AL	3,58	4,33	3,61	2,91	3,87	4,17	0,53
AA	0,75	1,14	0,85	1,07	1,03	1,72	0,50
AP	0,33	0,49	0,34	0,48	ND	0,11	0,17
AB	0,16	0,26	0,14	0,29	0,21	0,23	1,43

%MN= porcentagem na matéria natural, MS= matéria seca, PB= proteína bruta, FDNcp e FDACP= fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido corrigidas para cinzas e proteínas, respectivamente, N-NH<sub>3</sub>/NT= N-NH<sub>3</sub>=nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, AL= ácido lático, AA= ácido acético, AP= ácido propiônico, AB= ácido butírico. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, p< 0,05.

A silagem do genótipo IPA2502 destacou-se pelos menores valores de FDN e FDA, enquanto os genótipos forrageiros (Sudão e SF15) apresentaram valores elevados para estas variáveis e valores inferiores de PB.

### *Técnica in vitro semi-automática de produção de gases*

As incubações *in vitro* pela técnica semi-automática de produção de gases foram conduzidas conforme descrito por Maurício, et al. (2003) com adaptações de Santos et al. (2010). Amostras de 300 mg de cada tratamento (genótipos) foram depositadas em frascos de vidro (50 mL). Cada frasco foi previamente autoclavado, secado em estufa de ventilação forçada e gaseificados com CO<sub>2</sub> para garantir a anaerobiose. O meio de cultura utilizado foi composto pelas soluções: tampão, macro e micromineral, preparadas conforme recomendações de Menke & Steingass (1988).

O meio de cultura foi preparado duas horas antes à incubação, sendo mantida aquecida a 39°C com aferição contínua da temperatura utilizando um termômetro imerso na solução, sob gaseificação contínua por CO<sub>2</sub>, e homogeneização com agitador do tipo “bailarina”. O pH da solução foi monitorado constantemente até atingir valor de 6,8.

O inoculo ruminal foi obtido de dois bovinos machos, fistulados no rúmen, mantidos a pasto de *Brachiaria decumbens* e consumindo 2,0 kg/dia de concentrado com 20%. A coleta do líquido ruminal foi realizada ao amanhecer, antes do fornecimento do concentrado com auxílio de funil envolto com dupla camada de gaze. O material foi acondicionado em garrafa térmica pré-aquecida a 39°C, que foi imediatamente levada ao laboratório para a o procedimento de incubação.

No laboratório, o líquido ruminal foi novamente filtrado em dupla camada de gaze sob injeção contínua de CO<sub>2</sub> e mantido aquecido a 39°C. Foram adicionados 28,125 mL de solução tampão e 3,125 mL do inoculo em cada frasco, conforme relação proposta por Theodorou et al., (1994). Os frascos foram vedados com rolhas de borracha, sendo posteriormente mantidos a 39° C.

A pressão (psi= pressão por polegada quadrada) originada dos gases acumulados na parte superior dos frascos foi medida utilizando um transdutor de pressão tipo “Press DATA 800” nos tempos 1, 2, 3, 4, 6, 8,10, 12, 18, 24, 30, 48, 54, 60, 72, 96, 120, 144, 264 horas após a inoculação. Os resultados foram corrigidos para o branco (frasco contendo fluido ruminal com meio de cultura, sem a presença de amostra) e comparados ao padrão (feno de capim tifton 85), para validação do procedimento metodológico.

A equação de regressão utilizada para a conversão de pressão (P) em volume foi: (V) (mL)= 0,04755 + 1,9754P + 0,01407P<sup>2</sup>, (R<sup>2</sup> = 0,99)

em que: V= volume de gases produzido e; P= pressão em psi.

Esta equação foi estabelecida conforme Santos et al. (2010) para as condições do laboratório de nutrição animal da UESC, seguindo metodologia proposta por Maurício et al. (2003). As variáveis relacionadas à cinética de fermentação ruminal *in vitro* foram estimadas pelo modelo bicompartimental proposto por Schofield et al., (1994):

$$V = V_{FCNF} / (1 + \exp(2 - 4 * k_{dCNF} * (T - L))) + V_{FCF} / (1 + \exp(2 - 4 * k_{dCF} * (T - L))),$$

em que:  $V_{FCNF}$  equivale ao volume máximo dos gases da fração dos CNF;  $k_{dCNF}$ , à taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) desta mesma fração (CNF);  $V_{FCF}$ , ao volume máximo de gás da fração dos CF;  $k_{dCF}$ , à taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) dos CF; e T e L, aos tempos de incubação (horas) e à latência (horas), respectivamente.

As variáveis da cinética dos carboidratos fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF) foram estimadas a partir da técnica de produção de gases *in vitro*. Foi utilizado o modelo bicompartimental, ajustado às curvas de produção cumulativa dos gases (Schofield et al., 1994):

Os dados foram ajustados por regressão não-linear pelo método de *Gauss-Newton*, implantado no software *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2002).

#### *Determinação da Degradabilidade da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN)*

O desaparecimento da MS e da FDN foi determinado por gravimetria. Os resíduos da fermentação foram obtidos por meio de filtragem do conteúdo de cada frasco em cadinhos de vidro (porosidade 1), O desaparecimento da matéria seca (DMS) foi determinado nos tempos 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 264 h pós incubação. Após a pesagem dos resíduos de matéria seca, os cadinhos de vidro foram colocados em frascos de polietileno

com solução de detergente neutro para a determinação da Degradabilidade da FDN, usando autoclave a 115°C por 60 minutos conforme Pell & Schofield (1993).

Após a fervura o conteúdo foi filtrado lavado com água destilada quente e acetona, e seco em estufa a 105°C por 12 horas. Os resíduos foram pesados e os resultados expressos como porcentagem de FDN incubada, obtendo-se assim o desaparecimento da FDN.

A degradabilidade efetiva (DEMS) foi calculada levando-se em conta as taxas de passagem de sólidos no rúmen de 2%/h (baixa) 5%/h (média) 8 %/h (alta) conforme ARC (1984).

Os parâmetros de degradabilidade da MS e FDN foram obtidos pelo modelo:

$$Y = a + b \cdot (1 - e^{-ct})$$

Em que:  $Y$  = desaparecimento da MS (%) no tempo  $t$ ;  $a$  = fração solúvel (%);  $b$  = fração insolúvel potencialmente degradável (%);  $c$  = taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) da fração  $b$ ; e  $t$  = tempo de incubação (h).

Os parâmetros não lineares  $a$ ,  $b$ , e  $c$  foram estimados com auxílio do software *Statistical Analysis System Institute*, (SAS Institute, 2002).

Para todas as variáveis respostas deste estudo, foram realizadas análises de variância em função das silagens dos genótipos de sorgo, aplicando-se o teste F. Para as variáveis cujo teste F foi significativo, compararam-se as médias, utilizando-se o critério *Scott Knott* a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a fração carboidratos não fibrosos ( $VF_{CNF}$  e  $kd_{CNF}$ ) foram observadas diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos (Tabela 3). As silagens dos genótipos IPA2502 e BR506 apresentaram os maiores valores de  $VF_{CF}$ , enquanto para  $kd_{CF}$  o IPA2502 destacou-se dos demais ( $P < 0,05$ ). O tempo de latência ou *lag time* (L) é um parâmetro relacionado ao tempo compreendido entre o início da incubação até a ação microbiana sobre a amostra testada. As silagens dos genótipos IPA2502 e BRS655 apresentaram os menores valores de “L” ( $P < 0,05$ ) em relação as demais silagens, o que pode possibilitar a disponibilidade de nutrientes em menor tempo para os microrganismos ruminais.

Já para a fração de carboidratos fibrosos, não foram observadas diferenças entre genótipos para  $VF_{CF}$  ( $P > 0,05$ ), entretanto os genótipos IPA2502 e BRS506 destacaram-se dos demais ( $P < 0,05$ ). O genótipo IPA2502 apresentou o maior valor de VT ( $P < 0,05$ ), indicativo que seus nutrientes foram melhor aproveitados do que das demais silagens. Alimentos de alto valor nutritivo geralmente apresentam menores valores de latência “L” e elevados valores de taxa de fermentação (kd) e de potencial máximo de produção de gases (VF), assim a silagem do genótipo IPA2502 destacou-se em relação às demais silagens.

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros da cinética de degradação *in vitro* dos carboidratos fibrosos e não fibrosos das silagens de seis genótipos de sorgo

Item	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Média	CV %
$VF_{CNF}$	53,1 <sup>b</sup>	94,1 <sup>a</sup>	49,9 <sup>b</sup>	45,6 <sup>b</sup>	68,2 <sup>b</sup>	84,3 <sup>a</sup>	65,9	15,7
$kd_{CNF}$	0,065 <sup>c</sup>	0,102 <sup>a</sup>	0,063 <sup>c</sup>	0,081 <sup>b</sup>	0,079 <sup>b</sup>	0,083 <sup>b</sup>	0,07	7,5
L	02:42 <sup>a</sup>	01:06 <sup>b</sup>	01:54 <sup>a</sup>	00:40 <sup>b</sup>	02:06 <sup>a</sup>	01:36 <sup>a</sup>	01:43	30,2
$VF_{CF}$	141,0	132,2	135,9	120,4	126,6	117,9	129,0	8,8
$kd_{CF}$	0,012 <sup>c</sup>	0,016 <sup>a</sup>	0,012 <sup>c</sup>	0,014 <sup>b</sup>	0,014 <sup>b</sup>	0,015 <sup>a</sup>	0,013	4,9
VT	194,1	226,3	185,8	194,8	166,0	202,2	194,9	8,8

$VF_{CNF}$ = volume máximo de gases oriundos da fermentação da fração dos CNF, em mL/g de MS incubada;  $kd_{CNF}$ = taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) da fração CNF;  $VF_{CF}$ = volume máximo de gases oriundos da fração CF, em mL/g de MS incubada;  $kd_{CF}$ = taxa de degradação ( $h^{-1}$ ) dos CF; L= latência (horas:minutos) e VT= volume total de gases oriundos da fermentação dos carboidratos (mL/g de MS incubada). As médias, na linha, com as mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

A diferença entre as silagens dos genótipos de sorgo forrageiro (SF15 e Sudão) podem estar associadas ao menor valor nutritivo dos mesmos, isso devido a menor proporção da constituinte panícula, logo, maior proporção de folhas e colmo, o que confere elevado teor da FDN e lignina, em relação aos demais. A digestibilidade de uma forrageira está relacionada a sua composição bromatológica e, também a sua composição histológica. Segundo Brito et al. (1999) essa digestibilidade relaciona-se também com os diferentes tipos e porcentagens de tecidos e seus órgãos e com a idade da planta, permitindo diferenciação nutricional de espécies e cultivares.

Cabral et al. (2003) trabalhando com silagens de sorgo com diferentes proporções de panícula encontraram valores médios de  $kd_{CNF}$  e  $VT_{CNF}$  de 0,1358 a 0,1563  $h^{-1}$  e 24,78 a 58,45% valores superiores ao observado no presente estudo.

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) nas frações de desaparecimento da matéria seca após os tempos 4, 12, 24 e 96 horas de incubação, entre as silagens dos diferentes genótipos (tabela 4), o mesmo não foi observado no tempo 48h. Verificou-se neste trabalho que as silagens dos genótipos de sorgo apresentaram comportamento diferente quanto a degradabilidade da matéria seca (DMS). A silagem do genótipo IPA2502 obteve o maior valor de DMS, nos tempos 4, 12 e 24 e 96 h, diferindo ( $P < 0,05$ ) das demais silagens dos genótipos de sorgo. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre as silagens no tempo 48h.

Quanto a degradabilidade da FDN houve diferença apenas no tempo 96 h de incubação, destacando-se a silagem do genótipo IPA2502 com o valor mais elevado (83,0%) e as silagens dos materiais forrageiros SF15 e Sudão com os menores valores, 64,8 e 66,0%, respectivamente.

Tabela 4. Degradabilidade da MS e da FDN de silagens de seis genótipos de sorgo nos tempos de incubação (%)

Tempo de incubação em horas	Silagens de sorgo						Média	CV %
	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506		
	MS							
4	21,7 <sup>e</sup>	53,9 <sup>a</sup>	25,8 <sup>d</sup>	32,7 <sup>c</sup>	32,9 <sup>c</sup>	39,8 <sup>b</sup>	34,5	2,7
12	27,5 <sup>f</sup>	61,5 <sup>a</sup>	29,6 <sup>e</sup>	37,6 <sup>d</sup>	40,4 <sup>c</sup>	45,9 <sup>b</sup>	40,4	1,9
24	38,5 <sup>d</sup>	69,6 <sup>a</sup>	40,4 <sup>d</sup>	45,3 <sup>c</sup>	52,1 <sup>b</sup>	53,8 <sup>b</sup>	50,0	3,2
48	53,2 <sup>a</sup>	78,5 <sup>a</sup>	54,5 <sup>a</sup>	56,9 <sup>a</sup>	62,4 <sup>a</sup>	65,7 <sup>a</sup>	61,9	0,9
96	58,0 <sup>c</sup>	76,2 <sup>a</sup>	59,4 <sup>c</sup>	60,4 <sup>c</sup>	64,5 <sup>b</sup>	65,8 <sup>b</sup>	64,1	2,3
<i>I</i>	36,5 <sup>b</sup>	20,3 <sup>e</sup>	37,2 <sup>b</sup>	38,6 <sup>a</sup>	33,2 <sup>c</sup>	31,0 <sup>d</sup>	32,8	1,6
	FDN							
4	34,7 <sup>a</sup>	64,6 <sup>a</sup>	37,1 <sup>a</sup>	46,0 <sup>a</sup>	52,3 <sup>a</sup>	50,7 <sup>a</sup>	47,5	5,8
12	31,7 <sup>a</sup>	67,2 <sup>a</sup>	34,0 <sup>a</sup>	46,4 <sup>a</sup>	49,7 <sup>a</sup>	49,6 <sup>a</sup>	46,5	2,5
24	41,5 <sup>a</sup>	73,6 <sup>a</sup>	43,9 <sup>a</sup>	49,7 <sup>a</sup>	58,1 <sup>a</sup>	56,8 <sup>a</sup>	53,9	2,6
48	57,4 <sup>a</sup>	83,2 <sup>a</sup>	59,5 <sup>a</sup>	64,7 <sup>a</sup>	70,9 <sup>a</sup>	70,5 <sup>a</sup>	67,7	1,0
96	64,8 <sup>d</sup>	83,0 <sup>a</sup>	66,0 <sup>d</sup>	69,1 <sup>c</sup>	74,2 <sup>b</sup>	71,5 <sup>b</sup>	71,4	1,6
<i>I</i>	30,1 <sup>c</sup>	13,6 <sup>a</sup>	29,4 <sup>c</sup>	29,4 <sup>c</sup>	24,1 <sup>b</sup>	24,9 <sup>b</sup>	25,2	1,4

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott,  $P < 0,05$ .

A digestibilidade das partes da planta (colmo, folha e panícula) exerce influência sobre a digestibilidade da planta inteira. Neumann (2002) avaliou a digestibilidade das diferentes partes da planta de quatro híbridos de sorgo e encontrou valores para a digestibilidade do colmo variando de 53,9 a 62,47%, da folha de 53,18 a 56,29% e da panícula de 63,13 a 71,77%, com isso observa-se que a componente panícula é o principal responsável pelos incrementos dos teores de MS, PB e DIVMS, e decréscimos de FDN na silagem.

As silagens dos genótipos IPA2502 e BRS506 destacaram-se ( $P < 0,05$ ) das demais com maior fração solúvel (38,85 e 36,38%) (tabela 5). Quanto ao coeficiente *b* os maiores valores encontrados foram para as silagens dos genótipos SF15, IPA2502, Sudão e BRS601 que não diferiram ( $P < 0,05$ ) entre si. De acordo com Tomich (2003), a taxa e degradabilidade potencial (DP), provavelmente, é o principal parâmetro para avaliar a qualidade de forrageiras testadas pelas técnicas *in vitro*. Assim, forrageiras mais fermentáveis ou

digestíveis seriam aquelas que apresentam maiores valores de potencial associado à alta taxa de degradação.

Seguindo esse parâmetro, a silagem do genótipo IPA2502 sobressai por associar melhor taxa de fermentação (0,09/h) e maior degradabilidade potencial (76,8%). O valor médio de 33,4% para MSi (Tabela 5) e 32,8% da fração indigestível “I” observado foram próximos indicando a que o modelo utilizado para a descrição da cinética de degradação da MS foi adequado.

Tabela 5. Parâmetros de degradabilidade da matéria seca de silagens de seis genótipos de sorgo (%)

Silagem	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Média	CV(%)	
DP	50,0 <sup>e</sup>	76,8 <sup>a</sup>	52,0 <sup>d</sup>	54,4 <sup>c</sup>	61,6 <sup>b</sup>	62,8 <sup>b</sup>	59,6	1,1	
A	17,1 <sup>e</sup>	38,8 <sup>a</sup>	20,8 <sup>d</sup>	28,9 <sup>b</sup>	24,5 <sup>c</sup>	36,3 <sup>a</sup>	27,7	4,4	
B	45,1 <sup>a</sup>	38,5 <sup>a</sup>	42,8 <sup>a</sup>	32,5 <sup>b</sup>	41,1 <sup>a</sup>	32,0 <sup>b</sup>	38,6	3,3	
C	0,02 <sup>c</sup>	0,09 <sup>a</sup>	0,02 <sup>c</sup>	0,03 <sup>c</sup>	0,04 <sup>b</sup>	0,03 <sup>c</sup>	0,03	8,6	
MSi	37,6 <sup>a</sup>	22,6 <sup>e</sup>	36,2 <sup>b</sup>	38,5 <sup>a</sup>	34,2 <sup>c</sup>	31,6 <sup>d</sup>	33,4	1,6	
	2	39,7 <sup>e</sup>	58,1 <sup>a</sup>	42,2 <sup>d</sup>	45,2 <sup>c</sup>	45,1 <sup>c</sup>	52,3 <sup>b</sup>	47,1	1,4
DE	5	26,1 <sup>f</sup>	46,5 <sup>a</sup>	29,4 <sup>e</sup>	35,4 <sup>c</sup>	32,7 <sup>d</sup>	42,7 <sup>b</sup>	35,4	2,8
	8	22,8 <sup>f</sup>	43,6 <sup>a</sup>	26,1 <sup>e</sup>	33,0 <sup>c</sup>	29,6 <sup>d</sup>	40,3 <sup>b</sup>	32,5	3,3

DP= degradabilidade potencial, DE= degradabilidade efetiva, a= fração solúvel, b= fração insolúvel potencialmente degradável, I= fração não degradável, c= taxa de degradação da fração b. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, P< 0,05.

A silagem do genótipo IPA2502 apresentou os maiores valores de DEMS (58,1, 46,5 e 43,6%, respectivamente) para as taxas de passagem de 2, 5 e 8 %/h, corroborando com os parâmetros de cinética de fermentação ruminal obtidos pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases.

Faria Junior et al. (2010), trabalhando com silagens de sorgo BRS610 em sete estádios de maturação, encontrou valores médios de DEMS, na taxa de passagem de 2%/h de 29,78%, para a taxa de passagem de 5 e 8%/h, as DEMS foi de 17,47 e 10,40%, valores inferiores aos encontrados neste estudo; possivelmente pela maior disponibilidade de carboidratos solúveis e melhor qualidade da fibra dos genótipos estudados.

Com relação a fração potencialmente degradável da FDN48, foi observada diferença ( $P < 0,05$ ) entre as silagens (Tabela 6). A silagem do genótipo IPA2502 destacou-se das demais apresentando valor de 77,5% de DPFDN.

Tabela 6. Parâmetros de degradabilidade da FDN de silagens de seis genótipos de sorgo (%)

Silagem	SF15	IPA2502	Sudão	BRS655	BRS601	BRS506	Média	CV (%)
DP48	53,8c	77,5a	48,2d	56,7c	65,7b	65,9b	61,3	2,2
A	71,3c	80,0a	72,8c	71,5c	75,8b	76,8b	74,7	0,7
B	43,0a	18,1a	39,8a	29,9a	33,7 <sup>a</sup>	28,6a	32,1	12,5
C	0,02b	0,04a	0,01b	0,01b	0,02b	0,02b	0,02	19,7
FDNi	28,6 <sup>a</sup>	20,0c	27,1a	28,4a	24,1b	23,1b	25,2	2,3

DP= degradabilidade potencial da FDN no tempo 48, FDNi= fibra em detergente neutro indigestível. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott,  $P < 0,05$ .

Na constante de degradação (*c*) da fração *b*, a silagem do genótipo IPA2502 diferiu ( $P < 0,05$ ) das demais. Houve diferença entre as silagens para fração não degradável da fibra em detergente neutro (FDNi), em que o genótipo IPA2502 apresentou valores inferiores aos demais.

A fração não degradável afeta o consumo e pode prejudicar o desempenho animal, pelo efeito negativo da lignina sobre a digestão da parede celular devido às interações dos componentes da parede, particularmente entre os polifenóis e os carboidratos, exercem as maiores restrições à degradação da parede celular (Jung, 1989).

De acordo com Brito et al. (2003) nervura central lignificada, estrutura anatômica característica das gramíneas, faz com que essas forrageiras apresentem uma maior proporção de tecidos menos digestíveis como tecido vascular lignificado, esclerênquima e bainha do feixe vascular.

## **CONCLUSÕES**

A silagem do genótipo IPA2502 destaca entre às demais silagens por apresentar os melhores parâmetros de cinética de fermentação e degradabilidade ruminal, sendo o material mais indicado para plantio na Região Nordeste quando o objetivo for a obtenção de silagem de melhor qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brito, C.J.F.A., R.A. Rodella, F.C. Deschamps, Y. Alquini. Perfil químico da parede e suas implicações na digestibilidade da *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32: 1835-1844, 2003.
- Brito, C.J.F.A., R.A. Rodella, F.C. Deschamps, and Y. Alquini. Anatomia quantitativa e degradação *in vitro* de tecidos em cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 28: 223-229, 1999.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; PEREIRA, O.G.; NUNES, P.M.M.; VELOSO, R.G.; PEREIRA, E.S. Composição químico-bromatológica, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de sorgo com diferentes proporções de panículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1250-1258, 2003.
- FARIA JÚNIOR, W.G.; GONÇALVES, L.C.; MAURÍCIO, R.M.; RODRIGUES, J.A.S.; COLODO, J.C.N.; FARIA, W.G.; SOUZA, L.F. Avaliação das silagens do sorgo BRS-610 em sete estádios de maturação pela técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.898-905, 2010.
- Jung, H.G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, 81: 33-38.
- MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, N.M. Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica *in vitro* semi automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n. 2, p.216-219, 2003.
- MEZZENA, A. G., BELOTTO, E. E., SCALÉA, M. Sorgo, uma alternativa de menor custo e melhor resultado na produção de carne. **Pecuária de Corte**, n.101, p.36-44, 2000.
- MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. **Animal Research Development**, v. 28, p. 7-55, 1988.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.G.; FREITAS, A.K. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.293-301, 2002.
- PELL, A. N. & SCHOFIELD, E.L.D.P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, 1993, v.76, n.4, p.1063-1073.
- SANTOS, M.G.M.F; AZEVÊDO, J.A.G; PEREIRA, L.G.R.; SILVA, T.C.; CABRAL, I.S.; FARIAS, D.S. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica *in vitro* de produção de gases no trópico úmido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47<sup>a</sup>, Salvador. **Anais**. 2010.
- SAS Institute. SAS/STAT User's guide, Version 9.2 . **SAS Institute.**, Cary, NC. . 2002.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E; PELL, A.N. Kinetic of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.2980-2991, 1994.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; BORGES, I. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. (**Documento 57/EMBRAPA PANTANAL**), 20p., 2003. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC57>. pdf, acesso em 20 de janeiro de 2013.

ZAGO, C.P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS**, 4, 1991, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: FEALQ p.169-218.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Todas as silagens dos genótipos avaliados neste trabalho apresentaram boas características químicas e fermentativas. Entretanto técnica in vitro semi-automática de produção de gases mostrou a superioridade do genótipo IPA2502 em relação às demais, apresentou-se como o mais promissor.